FUTURO

Sábado 6 de febrero de 1999

El ingeniero, el físico y el matemático

Un físico, un ingeniero y un matemático duermen en una misma casa. La primera noche estalla un incendio. El ingeniero se levanta y lo apaga. La segunda noche hay un nuevo incendio. El físico se levanta, saca sus libros, elabora una hipótesis acerca de que el fuego puede apagarse y luego la comprueba. La tercera noche, cuando la casa se incendia, el matemático saca todos sus libros, comprueba que hay una manera de apagarlo y vuelve a su cama a seguir durmiendo.

Enviado por Andrea Loiterman, ingeniera, a futuro@pagina12.com.ar

Viajar al pasado es posible, al menos para ciertas partículas subatómicas. Y no sólo eso: un reciente experimento ha revelado que estas inquietas y rebeldes partículas en cierto modo desandan el tiempo por caminos diferentes de los recorridos en el viaje de ida. Lejos de preocuparse por esta asimetría temporal, los científicos creen haber hallado ni más ni menos que la pieza que faltaba para reconstruir el rompecabezas de la simetría, a la que desde hace más de cuarenta años juzgaban perdida.

Partículas que viajan hacia el pasado

Tiempo y simetría

Alberto Olamendi

Por Leonardo Moledo

1. El sentido del tiempo

¿Qué es el tiempo? Cuando no me lo preguntan, lo sé, cuando me lo preguntan, no lo sé.
San Agustín

El tiempo es probablemente el mayor de los enigmas, y el viaje en el tiempo es una de las fantasías humanas básicas. Pues bien: existen partículas subatómicas que viajan hacia el pasado, y que además lo hacen de una manera más que peculiar. Los físicos de dos grandes aceleradores de partículas, el CERN europeo y el Fermilab norteamericano, han demostrado que cuando ciertas partículas viajan hacia atrás en el *tiempo, su comportamiento* es, *en cierto* modo, diferente de cuando avanzan en el tiempo. Eso, al menos, dice la noticia reciente. Las partículas que se mueven hacia el pasado produciendo escándalo llevan el poco usual (en términos cotidianos) nombre de "kaones neutros" y están formadas por dos quarks (los neutrones y los protones que integran el núcleo atómico están formados por tres quarks). Y resulta que en su viaje hacia el pasado, los simpáticos kaones se comportan de manera diferente a cuando avanzan hacia el futuro. En principio, no es para sorprenderse, ¿si emprendiera un viaje hacia el pasado, no actuaría de manera distinta a la habitual, ya que habitualmente viaja, como todos, del pasado hacia el futuro, irremediablemente? Sin embargo esta disfunción que a cualquier lector se le perdonaría, en el caso de los kaones viajando a contramarcha del tiempo pone en cuestión la manera en que funciona el universo. Y es toda una historia como siempre que está en juego esa cosa que llamamos tiempo.

La flecha del tiempo

"El tiempo pasa..."

Pablo Milanés

El sentido del tiempo es muy claro en la vida cotidiana: es fácil sentir que el tiempo transcurre, y se ve cómo, sistemáticamente, desde las estrellas hasta los escarabajos, todo se degrada y muere (sin olvidar al universo, que parece tener su fin garantizado a largo plazo). Lo cual está asegurado por esa odiosa institución llamada la Segunda Ley *de la Termodinámica según la cual en el* universo, tal y como lo conocemos, los procesos se dan siempre en sentido del aumento de la entropía, una magnitud, que, a grandes rasgos, mide el desorden de los sistemas: progresivamente, el mundo se desordena y toda la energía (y toda la materia) se convierte en calor, y este proceso sí es irreversible: ningún fenómeno es posible si viola la Segunda Ley. Macroscópicamente, la Segunda Ley marca una flecha inexorable del tiempo y a su merced estamos.

Indiferencia hacia el tiempo

Pero sin embargo, la mecánica (o por lo



Ciencia y terrorismo

Scotland Yard tras los pasos de ALF

Por Agustín Biasotti

La cuestión es peligrosa y las amenazas de ALF son tomadas con extrema seriedad", declaró a la prensa un portavoz del británico Scotland Yard. Y no es que, imitando a *La rosa púrpura del Cairo*, el simpático alienígena de la serie de televisión homónima se haya fugado de la pantalla con el firme propósito de desayunarse a todo felino que se cruce en su camino. ¡Ya quisieran las autoridades inglesas que ALF fuese tan sólo un extraterrestre hambriento! Allí, ALF es la sigla del Animal Liberation Front o Frente de Liberación Animal.

Los integrantes de este importante movimiento antivivisección, que en el Reino Unido congrega a unos 400 afiliados y más de 3000 simpatizantes, han amenazado con atacar a toda aquella persona o institución vinculada con la utilización de animales en experimentos científicos. La cosa parece que va en serio: según la policía londinense, detrás de las 3000 organizaciones legales de defensa de los animales "se ocultan milicias con tendencias ultrarradicales" listas para desplegar una violenta embestida. Cuentan para ello –continúan las fuentes policiales– con pertrechos militares, un arsenal de explosivos, materiales combustibles y códigos cifrados para comunicarse vía Internet. Como si esto fuera poco, ya habrían elegido como blanco al menos a 10 ejecutivos de empresas que practican la vivisección de animales con fines de lucro, la mayoría de ellas inscriptas en el rubro cosméticos.

Para hacerle frente a esta amenaza, Scotland Yard ha creado recientemente un grupo especial, cuya misión es tener bajo control a los integrantes de ALF, a quienes no dudan en calificar de terroristas. Este grupo antiterrorista se ha abocado en un principio a la implementación de medidas para prevenir los posibles ataques a los asustados ejecutivos de las empresas que utilizan cobayos, cerdos, conejos y otros animales para el testeo de sus productos.

Y es que no es para menos, para entender el pánico de los trabajadores del ramo, basta con echarle un vistazo al "Manifiesto de principios de Alf" de 1976. En este último –fruto de la pluma de Ronnie Lee, fundador de la organización–, se pueden hallar afirmaciones un tanto extremistas: "la Tierra es el hábitat natural de los animales. La población humana tiene que ser reducida de forma drástica." Desgraciamente, ALF ya tiene en mente por dónde empezar.

Aquí nomás

El problema del clima

Ileana Lotersztain *

Todos los habitantes de la Argentina saben que el nuestro es el país de los cuatro climas, pero son muy pocos los que se dedican a estudiarlos. Entre los que sí lo hacen está Walter Vargas, un doctor en Ciencias Meteorológicas que, en su laboratorio de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires, investiga los problemas de la variabilidad climática en la Argentina y sus países limítrofes.

El grupo de Vargas estudia cuáles son los fenómenos que producen alteraciones en el clima. Y una de las cosas que encontraron es que en Sudamérica se han producido, a lo largo de los años, cambios bruscos y profundos de algunas propiedades del clima. Estos saltos climáticos abarcan largos períodos de tiempo y pueden tener consecuencias importantes sobre la productividad de una región. Ejemplos de saltos climáticos son el aumento de la temperatura media o el descenso de las precipitaciones anuales.

Una de los sectores que se ve más afectado por estos fenómenos es, sin duda, el agropecuario. Pero no es el único. Por eso, una vez determinadas las causas de las alteraciones, el paso siguiente es hacer un diagnóstico de la situación y pronosticar cómo van a influir estos cambios sobre la agricultura, los recursos hídricos y el turismo.

El laboratorio de Vargas no presta servicios ni realiza estudios de campo. Para sus investigaciones utiliza los datos del servicio meteorológico nacional y de otros organismos internacionales.

Para llevar adelante sus investigaciones, el científico cuenta con subsidios del Conicet, de la UBA y de algunas entidades internacionales. Pero Vargas se queja de que tanto el presupuesto como la "mano de obra" son insuficientes. "Habría que darle más importancia al asunto, porque a la Argentina el problema del clima la afecta y mucho. Y no únicamente por los estragos que causan las inundaciones y las sequías, también las pequeñas perturbaciones pueden tener consecuencias desastrosas", subraya.

* *Cátedra de Periodismo Científico, Facultad de Ciencias Sociales, UBA.*



Tiempo y simetría



menos la mecánica clásica) es olímpicamente indiferente al pasado o al futuro. Las ecuaciones que describen el movimiento de los cuerpos no distinguen entre el tiempo que va y el que viene: con una computadora suficientemente potente, por caso, se pueden calcular las posiciones de los planetas dentro de diez mil años o hace diez mil años, con la misma facilidad y exactamente de la misma manera, y sobre todo, con la misma indiferencia. Ni a los planetas, ni a las ecuaciones que describen su comportamiento les importa la dirección del tiempo. La flecha temporal, que nos angustia y asusta a nosotros, miserables seres biológicos y termodinámicos, no existe para ellos: al fin y al cabo, si se filmara una partida de tenis y se pasara la película hacia atrás, salvo en el momento del saque, y cuando se mire el marcador, sería imposible distinguir el sentido en que se está pasando. No habría ninguna señal que nos advierta de esa inversión temporal.

Disfunciones temporales

Así es, en principio, pero parece que cuando se trata con partículas subatómicas, la cosa es diferente y el pasado y el futuro no se distinguen con tanta claridad. Justamente, lo que los recientes experimentos parecen demostrar es que el sentido del tiempo no les es tan indiferente como parecía, y que cuando van para atrás en el tiempo ciertas partículas subatómicas se comportan de manera distinta que cuando avanzan en el sentido temporal "normal". Parece bastante raro, por supuesto, que existan partículas retrocediendo en el tiempo, pero empieza a ser más claro si uno se remonta a uno de los datos básicos de la arquitectura del mundo: la distinción entre materia y antimateria.

Materia y antimateria

En 1928, cuando sólo se conocían dos partículas subatómicas (el protón y el electrón), el físico P. A. M. Dirac sugirió la existencia de una partícula exactamente igual al electrón en todo, salvo en su carga, que sería positiva. Una especie de "antielectrón". Aunque se trataba de una mera conjetura teórica, poco después adquirió soporte y estatura experimental: en 1932 Carl Anderson, trabajando con rayos cósmicos, encontró la huella de lo que con singular originalidad llamó "positrón"; era el primer rastro jamás observado de antimateria, que de manera sutil, y hasta cierto punto subrepticia, hizo su aparición en un mundo demasiado seguro de su materialidad. Después, naturalmente, arreció. En 1955 se vio por primera vez el antiprotón y casi inmediatamente al antineutrón. En los grandes aceleradores, se logró producir átomos de antihidrógeno: un antielectrón girando alrededor de un antiprotón. En realidad, hoy en día todas las partículas tienen su correspondiente antipartícula.

Las partículas (materia) y sus respectivas antipartículas (antimateria) son idénticas, salvo en su carga eléctrica, cuando la hay, y en su "spin" (propiedad que gruesamente puede interpretarse como una rotación sobre sí misma) que es opuesto. Pero hay más: entre la materia y la antimateria no puede haber ninguna clase de componendas, ya que cuando entran en contacto se aniquilan, desaparece toda materialidad o antimaterialidad, ya que se transforman íntegramente en energía. Justamente, los experimentos del CERN y del Fermilab fueron hechos sobre una partí-

Ciencia y terrorismo

Scotland Yard tras los pasos de ALF

Por Agustín Biasotti

La cuestión es peligrosa y las amenazas de ALF son tomadas con extrema seriedad", declaró a la prensa un portavoz del británico Scotland Yard. Y no es que, imitando a *La rosa púrpura del Cairo*, el simpático alienígena de la serie de televisión homónima se haya fugado de la pantalla con el firme propósito de desayunarse a todo felino que se cruce en su camino. ¡Ya quisieran las autoridades inglesas que ALF fuese tan sólo un extraterrestre hambriento! Allí, ALF es la sigla del Animal Liberation Front o Frente de Liberación Animal.

Los integrantes de este importante movimiento antivivisección, que en el Reino Unido congrega a unos 400 afiliados y más de 3000 simpatizantes, han amenazado con atacar a toda aquella persona o institución vinculada con la utilización de animales en experimentos científicos. La cosa parece que va en serio: según la policía londinense, detrás de las 3000 organizaciones legales de defensa de los animales "se ocultan milicias con tendencias ultrarradicales" listas para desplegar una violenta embestida. Cuentan para ello –continúan las fuentes policiales– con pertrechos militares, un arsenal de explosivos, materiales combustibles y códigos cifrados para comunicarse vía Internet. Como si esto fuera poco, ya habrían elegido como blanco al menos a 10 ejecutivos de empresas que practican la vivisección de animales con fines de lucro, la mayoría de ellas inscriptas en el rubro cosméticos.

Para hacerle frente a esta amenaza, Scotland Yard ha creado recientemente un grupo especial, cuya misión es tener bajo control a los integrantes de ALF, a quienes no dudan en calificar de terroristas. Este grupo antiterrorista se ha abocado en un principio a la implementación de medidas para prevenir los posibles ataques a los asustados ejecutivos de las empresas que utilizan cobayos, cerdos, conejos y otros animales para el testeo de sus productos.

Y es que no es para menos, para entender el pánico de los trabajadores del ramo, basta con echarle un vistazo al "Manifiesto de principios de Alf" de 1976. En este último –fruto de la pluma de Ronnie Lee, fundador de la organización–, se pueden hallar afirmaciones un tanto extremistas: "la Tierra es el hábitat natural de los animales. La población humana tiene que ser reducida de forma drástica." Desgraciamente, ALF ya tiene en mente por dónde empezar.

Aquí nomás

El problema del clima

Ileana Lotersztain *

Todos los habitantes de la Argentina saben que el nuestro es el país de los cuatro climas, pero son muy pocos los que se dedican a estudiarlos. Entre los que sí lo hacen está Walter Vargas, un doctor en Ciencias Meteorológicas que, en su laboratorio de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires, investiga los problemas de la variabilidad climática en la Argentina y sus países limítrofes.

El grupo de Vargas estudia cuáles son los fenómenos que producen alteraciones en el clima. Y una de las cosas que encontraron es que en Sudamérica se han producido, a lo largo de los años, cambios bruscos y profundos de algunas propiedades del clima. Estos saltos climáticos abarcan largos períodos de tiempo y pueden tener consecuencias importantes sobre la productividad de una región. Ejemplos de saltos climáticos son el aumento de la temperatura media o el descenso de las precipitaciones anuales.

Una de los sectores que se ve más afectado por estos fenómenos es, sin duda, el agropecuario. Pero no es el único. Por eso, una vez determinadas las causas de las alteraciones, el paso siguiente es hacer un diagnóstico de la situación y pronosticar cómo van a influir estos cambios sobre la agricultura, los recursos hídricos y el turismo.

El laboratorio de Vargas no presta servicios ni realiza estudios de campo. Para sus investigaciones utiliza los datos del servicio meteorológico nacional y de otros organismos internacionales.

Para llevar adelante sus investigaciones, el científico cuenta con subsidios del Conicet, de la UBA y de algunas entidades internacionales. Pero Vargas se queja de que tanto el presupuesto como la "mano de obra" son insuficientes. "Habría que darle más importancia al asunto, porque a la Argentina el problema del clima la afecta y mucho. Y no únicamente por los estragos que causan las inundaciones y las sequías, también las pequeñas perturbaciones pueden tener consecuencias desastrosas", subraya.

** Cátedra de Periodismo Científico, Facultad de Ciencias Sociales, UBA.*



Tiempo y simetría



menos la mecánica clásica) es olímpicamente indiferente al pasado o al futuro. Las ecuaciones que describen el movimiento de los cuerpos no distinguen entre el tiempo que va y el que viene: con una computadora suficientemente potente, por caso, se pueden calcular las posiciones de los planetas dentro de diez mil años o hace diez mil años, con la misma facilidad y exactamente de la misma manera, y sobre todo, con la misma indiferencia. Ni a los planetas, ni a las ecuaciones que describen su comportamiento les importa la dirección del tiempo. La flecha temporal, que nos angustia y asusta a nosotros, miserables seres biológicos y termodinámicos, no existe para ellos: al fin y al cabo, si se filmara una partida de tenis y se pasara la película hacia atrás, salvo en el momento del saque, y cuando se mire el marcador, sería imposible distinguir el sentido en que se está pasando. No habría ninguna señal que nos advierta de esa inversión temporal.

Disfunciones temporales

Así es, en principio, pero parece que cuando se trata con partículas subatómicas, la cosa es diferente y el pasado y el futuro no se distinguen con tanta claridad. Justamente, lo que los recientes experimentos parecen demostrar es que el sentido del tiempo no les es tan indiferente como parecía, y que cuando van para atrás en el tiempo ciertas partículas subatómicas se comportan de manera distinta que cuando avanzan en el sentido temporal "normal". Parece bastante raro, por supuesto, que existan partículas retrocediendo en el tiempo, pero empieza a ser más claro si uno se remonta a uno de los datos básicos de la arquitectura del mundo: la distinción entre materia y antimateria.

Materia y antimateria

En 1928, cuando sólo se conocían dos partículas subatómicas (el protón y el electrón), el físico P. A. M. Dirac sugirió la existencia de una partícula exactamente igual al electrón en todo, salvo en su carga, que sería positiva. Una especie de "antielectrón". Aunque se trataba de una mera conjetura teórica, poco después adquirió soporte y estatura experimental: en 1932 Carl Anderson, trabajando con rayos cósmicos, encontró la huella de lo que con singular originalidad llamó "positrón"; era el primer rastro jamás observado de antimateria, que de manera sutil, y hasta cierto punto subrepticia, hizo su aparición en un mundo demasiado seguro de su materialidad. Después, naturalmente, arreció. En 1955 se vio por primera vez el antiprotón y casi inmediatamente al antineutrón. En los grandes aceleradores, se logró producir átomos de antihidrógeno: un antielectrón girando alrededor de un antiprotón. En realidad, hoy en día todas las partículas tienen su correspondiente antipartícula.

Las partículas (materia) y sus respectivas antipartículas (antimateria) son idénticas, salvo en su carga eléctrica, cuando la hay, y en su "spin" (propiedad que gruesamente puede interpretarse como una rotación sobre sí misma) que es opuesto. Pero hay más: entre la materia y la antimateria no puede haber ninguna clase de componendas, ya que cuando entran en contacto se aniquilan, desaparece toda materialidad o antimaterialidad, ya que se transforman íntegramente en energía. Justamente, los experimentos del CERN y del Fermilab fueron hechos sobre una partícula elemental llamada kaón neutro y su antipartícula respectiva, el antikaón neutro.

Partículas, antipartículas y el tiempo

Y aquí es donde se entrevera el tiempo. En realidad, no es que se hayan observado exactamente partículas viajando hacia el pasado, sino que, por increíble que parezca, una antipartícula puede interpretarse como una partícula que retrocede en el tiempo: así, un positrón puede imaginarse como un electrón que retrocede en el tiempo y viaja desde el futuro hacia el pasado, del mismo modo que una "antipelícula", esto es, una película de video pasada al revés puede pensarse como una película que retrocede en el tiempo. Y un antilector, empezando por el final y terminando en el copete, podría pensarse como un lector normal leyendo hacia atrás en el tiempo.Pero si el tiempo fuera verdaderamente simétrico, una película y su antipelícula deberían, de algún modo, durar lo mismo, igual que la lectura y la antilectura de esta nota. Si la película pasada al revés durara menos (o más) que "al derecho", quiere decir que los videos, o esta nota, tienen conflictos con el tiempo, o que, por lo menos, son particularmente sensibles al sentido del tiempo.

Kaones y antikaones

Esto, es, justamente, lo que se observó tanto en el Cern como en el Fermilab con los kaones neutros (y los antikaones neutros): si las partículas fueran indiferentes al transcurrir del tiempo, las transformaciones de kaones en antikaones y viceversa, de antikaones en kaones serían iguales, pero ambos experimentos demostraron que no es así: los antikaones se transforman en kaones más rápidamente que al revés; puesto que los antikaones son partículas que viajan hacia atrás en el tiempo se deduce que las partículas que avanzan temporalmente y las que retroceden se comportan de manera distinta. Esto es, el tiempo no es indiferente para ellas.

2. Simetrías

El problema de la simetría y presentación del lector del espejo

Las preferencias temporales no son inocuas, y que haya diferencias en este terreno corona una trilogía que fue derrumbándose de a poco. En primer lugar, la simetría entre la derecha y la izquierda: aunque en el mundo hay estructuras con orientación derecha y orientación izquierda que no pueden superponerse (y basta para ello tratar de leer esta nota reflejada en un espejo) en principio, y era un artículo de fe en la física, el universo no tenía ninguna preferencia por una u otra orientación: respecto del par derecha-izquierda había una perfecta y absoluta simetría (simetría de paridad). Esto es: si el universo entero se reflejara en un espejo, sostenía el dogma, nada se alteraría. El lector del espejo (con el corazón a la derecha, y al que le parece absolutamente natural leer de derecha a izquierda), cruzaría estas líneas (también reflejadas) sin ningún inconveniente, y ningún experimento que hiciera podría demostrarle de qué lado del espejo está. Dentro del espejo, todo funciona igual. El asunto de las simetrías dista de ser trivial, porque allí donde hay una simetría, hay algo más profundo, por debajo de la apariencia de los objetos, hay algo que no cambia y permanece. Al fin y al cabo, fue su propensión a la simetría lo que llevó a los filósofos griegos a considerar la esfera como el cuerpo perfecto. Y poco después del origen del universo, toda la materia y la antimateria se aniquilaron mutuamente en un chorro de radiación. Si algo sobrevivió (el universo actual) es porque la simetría no era perfecta y había un pequeño exceso de materia sobre la antimateria. Así que las simetrías, o la falta de ellas, están en la base misma de nuestra existencia.

El fin de la simetría izquierda-derecha y sus consecuencias para el desprevenido lector

Pero en 1956 los físicos Tsung Dao Lee y Chen N. Ning sugirieron teóricamente, y luego la física Chieng Shiun Wu demostró en el laboratorio, que la simetría en la paridad (simetría izquierda-derecha) era violada en el mundo físico. Por lo menos en relación a ciertos fenómenos ligados a la interacción débil, una de las cuatro fuerzas de la naturaleza, que participa en ciertos fenómenos de desintegración radiactiva (las otras tres fuerzas son la gravitatoria, la electromagnética y la nuclear). Es decir que, después de todo, el universo mirado en un espejo diferiría del universo real, y el lector del espejo y el lector de este lado del espejo podrían tener una pequeña diferencia, por lo menos en lo que se refiere a la interacción débil. Habría, por así decirlo, una pizca de diferenciación entre la izquierda y la derecha, cosa que en política está muy bien y es necesaria, pero que a los físicos, que adoran la simetría, les pareció muy mal.

Ayuda y rescate del lector del espejo. Izquierda y derecha parecen reconciliarse pero no es así. Los físicos del espejo vuelven a la carga (con la simetría de carga)

Nadie, en el mudo de los físicos (y ni siquiera en el de los físicos reflejados en el espejo) aceptó resignadamente la violación de la simetría de paridad, y salieron al rescate con otra de las simetrías: la de carga eléctrica. Otra vez, esta simetría, artículo de fe, rezaba que si todas las cargas eléctricas del universo se invirtieran (de negativas a positivas) nada pasaría. O dicho de otro modo, que si toda la materia se convirtiera en antimateria (que implica cambiar su carga eléctrica) y viceversa, sería imposible darse cuenta. La simetría de carga corrió en ayuda de la rota simetría de paridad, combinándose con ella (simetría CP): si la izquierda y la derecha se invirtiera, *y a la vez* la materia y la antimateria se invirtieran, nada cambiaría, fue el nuevo slogan. Esto es, si el lector del espejo fuera en realidad un antilector (un lector formado íntegramente de antimateria, con antiátomos y anticélulas), que antileyera este artículo, ambos lados del espejo estarían en paz, y ningún desacuerdo habría entre ellos.

Pero una vez más, la experiencia desmintió este idilio entre ambos lados del espejo: en 1964 Val Fitch y James Cronin demostraron que la simetría combinada de carga y orientación también se violaba. El lector de esta nota y el antilector de la antinota correspondiente del otro lado del espejo, otra vez, tendrían problemas. Fue una desdicha, en cierto modo, porque hubo que recurrir al tiempo. O mejor dicho, a la simetría temporal de la que se hablaba en el principio de esta nota.

Donde el tiempo concurre en ayuda del lector y el antilector

Si las dos simetrías (carga y orientación) se violan, ¿por qué no el tiempo? Los experimentos de 1964 indicaban (aunque en forma indirecta) que la simetría temporal sí se violaba, y los actuales experimentos con kaones del CERN y del Fermilab parecen demostrar que efectivamente es así. Lo cual es una suerte: primero, porque extiende el principio de uniformidad (si dos de las simetrías se violan, la tercera también) y en segundo lugar, porque permite pensar que *la combinación de las tres simetrías* violadas (orientación, carga y tiempo, CPT) sí es inviolable. Es decir, que si del otro lado del espejo un antilector antileyera antiesta antinota, pero en sentido temporal inverso, es decir, empezando por el final y terminando por el principio, entonces sí el resultado sería idéntico, y no habría absolutamente ninguna diferencia. Si el lector quiere comprobarlo, la receta es fácil: cambie toda su materia por antimateria, sitúese del otro lado de un espejo, invierta la dirección del flujo del tiempo y verá que nada se modifica.

Final simétrico

El universo en gran escala está descripto por la Teoría de la Relatividad General, que también tiene sus cuestiones con el tiempo (el tiempo no transcurre siempre igual, sino que depende del movimiento, o de la intensidad del campo gravitatorio, de tal modo que un reloj situado sobre el sol, el tiempo transcurre más despacio que sobre la Tierra). En el ámbito de lo microscópico, los minúsculos y entrañables kaones, que a veces siguen la corriente del tiempo como kaones, y a veces la remontan, como antikaones, tienen también lo suyo, y en la neurosis temporal se parecen a la especie humana. En un cuento memorable, "Tiempo de pasaje", J. G. Ballard cuenta la vida de un hombre en sentido temporal inverso, y concluye que nada cambia. Parece que no es completamente así, ni para los hombres, ni para los kaones neutros.

Antilea el lector esta nota en el espejo y podrá comprobarlo.

Datos útiles

La tatarabuela de las ballenas



(DISCOVER)Las ballenas son una de las más grandes rarezas de la evolución: una vez que la vida se animó a salir del agua, y logró superar todos los problemas que implicaba la adaptación al medio terrestre, algunos grandes mamíferos decidieron volver a las fuentes, es decir, nuevamente al agua. Y gradualmente, terminaron siendo lo que hoy son las ballenas. Hasta hace poco, los episodios de esta verdadera aventura biológica, que ocurrió hace varias decenas de millones de años, no estaban del todo claros, pero últimamente se vienen encontrando distintas evidencias que ayudan a reconstruir la historia de los cetáceos. A la luz de algunos restos fósiles, parecería que los antepasados de las ballenas eran unos grandes mamíferos carnívoros (y terrestres), de cuatro patas y bastante peludos. Pero faltaba encontrar algún ejemplar que marcara la transición (o que al menos estuviese cerca de ese momento) entre estas bestias terrestres y los grandes cetáceos de hoy en día. Bueno, algo así acaba de aparecer. El paleontólogo estadounidense Philip Gigerich ha encontrado unos cuantos fósiles que cuentan la historia, y uno de ellos, hallado en Asia, es particularmente significativo: se trata del más antiguo esqueleto de ballena nunca antes encontrado. La joya paleontológica tiene nada menos que 53,5 millones de años, y se llama Himalayacetus (por la zona donde fue desenterrada). Según parece, esta tatarabuela de las ballenas vivió en los bordes del ya desaparecido Mar de Tethys (al sur de Asia). Paradójicamente, luego de su esforzada travesía de millones de años de adaptación al medio acuático, muchas especies de ballenas están en peligro de extinción por motivos nada naturales: la demencial cacería por parte del hombre.

La memoria en acción

SCIENTIFIC AMERICAN Gracias a los notables avances en las técnicas de imágenes por resonancia magnética, la ciencia ha conseguido las primeras "fotos" de la formación de recuerdos dentro del cerebro. El anuncio viene de dos equipos de investigadores estadounidenses que, si bien trabajaron en forma independiente, lograron resultados similares. Uno de ellos, dirigido por Randy Buckner (Universidad de Washington), reunió a varios jóvenes y adultos, y monitoreó su actividad cerebral mientras realizaban distintas tareas de memorización verbal. El segundo clan de científicos, comandado por James Brewer (Universidad de Stanford), tomó otro camino: se reunió a un grupo de voluntarios y se les pidió que miraran unas cuantas fotos. Y que luego trataran de recordarlas (siempre bajo el control instrumental que rastrearía el trabajo cerebral). Pasado un tiempo, los dos equipos científicos (cada uno por separado) revisaron los datos obtenidos en sus respectivas pruebas y los evaluaron. Resultado: las imágenes por resonancia magnética (obtenidas en ambas experiencias) parecen confirmar que, durante la memorización y la activación de recuerdos, las zonas del cerebro más involucradas son la corteza prefrontal y la parahipocampal (regiones previamente asociadas con la codificación de la memoria).



cula elemental llamada kaón neutro y su antipartícula respectiva, el antikaón neutro.

Partículas, antipartículas y el tiempo

Y aquí es donde se entrevera el tiempo. En realidad, no es que se hayan observado exactamente partículas viajando hacia el pasado, sino que, por increíble que parezca, una antipartícula puede interpretarse como una partícula que retrocede en el tiempo: así, un positrón puede imaginarse como un electrón que retrocede en el tiempo y viaja desde el futuro hacia el pasado, del mismo modo que una "antipelícula", esto es, una película de video pasada al revés puede pensarse como una película que retrocede en el tiempo. Y un antilector, empezando por el final y terminando en el copete, podría pensarse como un lector normal leyendo hacia atrás en el tiempo.Pero si el tiempo fuera verdaderamente simétrico, una película y su antipelícula deberían, de algún modo, durar lo mismo, igual que la lectura y la antilectura de esta nota. Si la película pasada al revés durara menos (o más) que "al derecho", quiere decir que los videos, o esta nota, tienen conflictos con el tiempo, o que, por lo menos, son particularmente sensibles al sentido del tiempo.

Kaones y antikaones

Esto, es, justamente, lo que se observó tanto en el Cern como en el Fermilab con los kaones neutros (y los antikaones neutros): si las partículas fueran indiferentes al transcurrir del tiempo, las transformaciones de kaones en antikaones y viceversa, de antikaones en kaones serían iguales, pero ambos experimentos demostraron que no es así: los antikaones se transforman en kaones más rápidamente que al revés; puesto que los antikaones son partículas que viajan hacia atrás en el tiempo se deduce que las partículas que avanzan temporalmente y las que retroceden se comportan de manera distinta. Esto es, el tiempo no es indiferente para ellas.

2. Simetrías

El problema de la simetría y presentación del lector del espejo

Las preferencias temporales no son inocuas, y que haya diferencias en este terreno corona una trilogía que fue derrumbándose de a poco. En primer lugar, la simetría entre la derecha y la izquierda: aunque en el mundo hay estructuras con orientación derecha y orientación izquierda que no pueden superponerse (y basta para ello tratar de leer esta nota reflejada en un espejo) en principio, y era un artículo de fe en la física, el universo no tenía ninguna preferencia por una u otra orientación: respecto del par derecha-izquierda había una perfecta y absoluta simetría (simetría de paridad). Esto es: si el universo entero se reflejara en un espejo, sostenía el dogma, nada se alteraría. El lector del espejo (con el corazón a la derecha, y al que le parece absolutamente natural leer de derecha a izquierda), cruzaría estas líneas (también reflejadas) sin ningún inconveniente, y ningún experimento que hiciera podría demostrarle de qué lado del espejo está. Dentro del espejo, todo funciona igual. El asunto de las simetrías dista de ser trivial, porque allí donde hay una simetría, hay algo más profundo, por debajo de la apariencia de los objetos, hay algo que no cambia y permanece. Al fin y al cabo, fue su propensión a la simetría lo que llevó a los filósofos griegos a considerar la esfera como el cuerpo perfecto. Y poco después del origen del universo, toda la materia y la antimateria se aniquilaron mutuamente en un chorro de radiación. Si algo sobrevivió (el universo actual) es porque la simetría no era perfecta y había un pequeño exceso de materia sobre la antimateria. Así que las simetrías, o la falta de ellas, están en la base misma de nuestra existencia.

El fin de la simetría izquierda-derecha y sus consecuencias para el desprevenido lector

Pero en 1956 los físicos Tsung Dao Lee y Chen N. Ning sugirieron teóricamente, y luego la física Chieng Shiun Wu demostró en el laboratorio, que la simetría en la paridad (simetría izquierda-derecha) era violada en el mundo físico. Por lo menos en relación a ciertos fenómenos ligados a la interacción débil, una de las cuatro fuerzas de la naturaleza, que participa en ciertos fenómenos de desintegración radiactiva (las otras tres fuerzas son la gravitatoria, la electromagnética y la nuclear). Es decir que, después de todo, el universo mirado en un espejo diferiría del universo real, y el lector del espejo y el lector de este lado del espejo podrían tener una pequeña diferencia, por lo menos en lo que se refiere a la interacción débil. Habría, por así decirlo, una pizca de diferenciación entre la izquierda y la derecha, cosa que en política está muy bien y es necesaria, pero que a los físicos, que adoran la simetría, les pareció muy mal.

Ayuda y rescate del lector del espejo. Izquierda y derecha parecen reconciliarse pero no es así. Los físicos del espejo vuelven a la carga (con la simetría de carga)

Nadie, en el mudo de los físicos (y ni siquiera en el de los físicos reflejados en el espejo) aceptó resignadamente la violación de la simetría de paridad, y salieron al rescate con otra de las simetrías: la de carga eléctrica. Otra vez, esta simetría, artículo de fe, rezaba que si todas las cargas eléctricas del universo se invirtieran (de negativas a positivas) nada pasaría. O dicho de otro modo, que si toda la materia se convirtiera en antimateria (que implica cambiar su carga eléctrica) y viceversa, sería imposible darse cuenta. La simetría de carga corrió en ayuda de la rota simetría de paridad, combinándose con ella (simetría CP): si la izquierda y la derecha se invirtiera, *y a la vez* la materia y la antimateria se invirtieran, nada cambiaría, fue el nuevo slogan. Esto es, si el lector del espejo fuera en realidad un antilector (un lector formado íntegramente de antimateria, con antiátomos y anticélulas), que antileyera este artículo, ambos lados del espejo estarían en paz, y ningún desacuerdo habría entre ellos.

Pero una vez más, la experiencia desmintió este idilio entre ambos lados del espejo: en 1964 Val Fitch y James Cronin demostraron que la simetría combinada de carga y orientación también se violaba. El lector de esta nota y el antilector de la antinota correspondiente del otro lado del espejo, otra vez, tendrían problemas. Fue una desdicha, en cierto modo, porque hubo que recurrir al tiempo. O mejor dicho, a la simetría temporal de la que se hablaba en el principio de esta nota.

Donde el tiempo concurre en ayuda del lector y el antilector

Si las dos simetrías (carga y orientación) se violan, ¿por qué no el tiempo? Los experimentos de 1964 indicaban (aunque en forma indirecta) que la simetría temporal sí se violaba, y los actuales experimentos con kaones del CERN y del Fermilab parecen demostrar que efectivamente es así. Lo cual es una suerte: primero, porque extiende el principio de uniformidad (si dos de las simetrías se violan, la tercera también) y en segundo lugar, porque permite pensar que *la combinación de las tres simetrías* violadas (orientación, carga y tiempo, CPT) sí es inviolable. Es decir, que si del otro lado del espejo un antilector antileyera antiesta antinota, pero en sentido temporal inverso, es decir, empezando por el final y terminando por el principio, entonces sí el resultado sería idéntico, y no habría absolutamente ninguna diferencia. Si el lector quiere comprobarlo, la receta es fácil: cambie toda su materia por antimateria, sitúese del otro lado de un espejo, invierta la dirección del flujo del tiempo y verá que nada se modifica.

Final simétrico

El universo en gran escala está descripto por la Teoría de la Relatividad General, que también tiene sus cuestiones con el tiempo (el tiempo no transcurre siempre igual, sino que depende del movimiento, o de la intensidad del campo gravitatorio, de tal modo que un reloj situado sobre el sol, el tiempo transcurre más despacio que sobre la Tierra). En el ámbito de lo microscópico, los minúsculos y entrañables kaones, que a veces siguen la corriente del tiempo como kaones, y a veces la remontan, como antikaones, tienen también lo suyo, y en la neurosis temporal se parecen a la especie humana. En un cuento memorable, "Tiempo de pasaje", J. G. Ballard cuenta la vida de un hombre en sentido temporal inverso, y concluye que nada cambia. Parece que no es completamente así, ni para los hombres, ni para los kaones neutros.

Antilea el lector esta nota en el espejo y podrá comprobarlo.

Datos útiles

La tatarabuela de las ballenas



(DISCOVER)Las ballenas son una de las más grandes rarezas de la evolución: una vez que la vida se animó a salir del agua, y logró superar todos los problemas que implicaba la adaptación al medio terrestre, algunos grandes mamíferos decidieron volver a las fuentes, es decir, nuevamente al agua. Y gradualmente, terminaron siendo lo que hoy son las ballenas. Hasta hace poco, los episodios de esta verdadera aventura biológica, que ocurrió hace varias decenas de millones de años, no estaban del todo claros, pero últimamente se vienen encontrando distintas evidencias que ayudan a reconstruir la historia de los cetáceos. A la luz de algunos restos fósiles, parecería que los antepasados de las ballenas eran unos grandes mamíferos carnívoros (y terrestres), de cuatro patas y bastante peludos. Pero faltaba encontrar algún ejemplar que marcara la transición (o que al menos estuviese cerca de ese momento) entre estas bestias terrestres y los grandes cetáceos de hoy en día. Bueno, algo así acaba de aparecer. El paleontólogo estadounidense Philip Gigerich ha encontrado unos cuantos fósiles que cuentan la historia, y uno de ellos, hallado en Asia, es particularmente significativo: se trata del más antiguo esqueleto de ballena nunca antes encontrado. La joya paleontológica tiene nada menos que 53,5 millones de años, y se llama Himalayacetus (por la zona donde fue desenterrada). Según parece, esta tatarabuela de las ballenas vivió en los bordes del ya desaparecido Mar de Tethys (al sur de Asia). Paradójicamente, luego de su esforzada travesía de millones de años de adaptación al medio acuático, muchas especies de ballenas están en peligro de extinción por motivos nada naturales: la demencial cacería por parte del hombre.

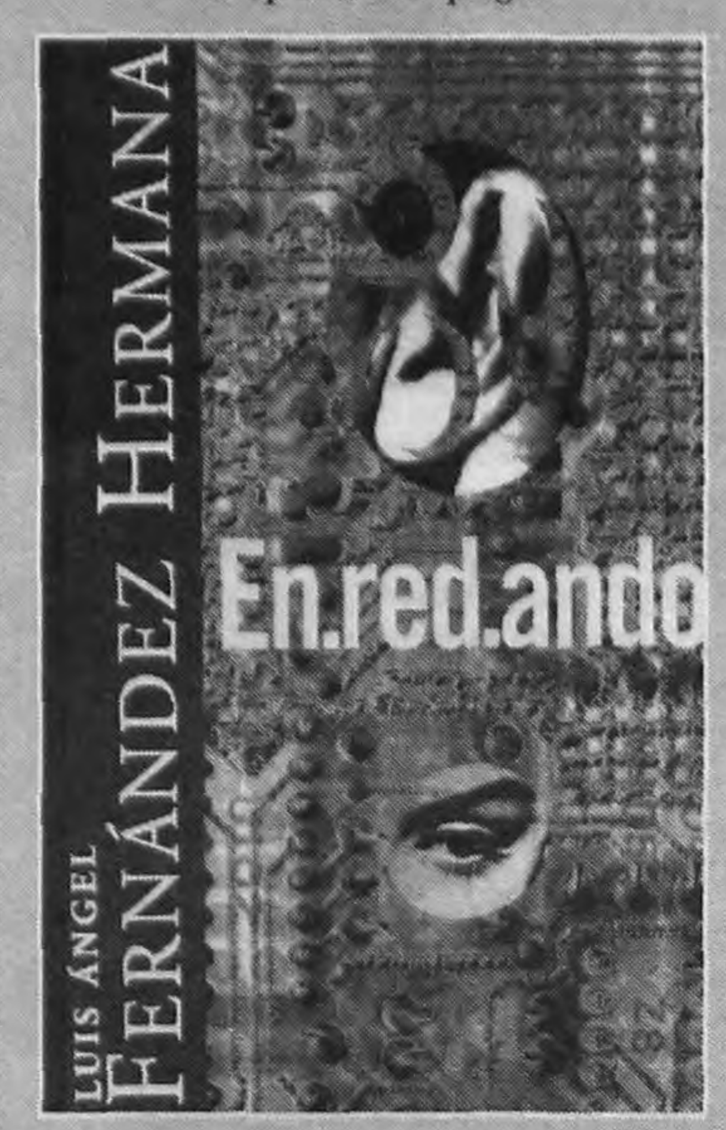
La memoria en acción

SCIENTIFIC AMERICAN Gracias a los notables avances en las técnicas de imágenes por resonancia magnética, la ciencia ha conseguido las primeras "fotos" de la formación de recuerdos dentro del cerebro. El anuncio viene de dos equipos de investigadores estadounidenses que, si bien trabajaron en forma independiente, lograron resultados similares. Uno de ellos, dirigido por Randy Buckner (Universidad de Washington), reunió a varios jóvenes y adultos, y monitoreó su actividad cerebral mientras realizaban distintas tareas de memorización verbal. El segundo clan de científicos, comandado por James Brewer (Universidad de Stanford), tomó otro camino: se reunió a un grupo de voluntarios y se les pidió que miraran unas cuantas fotos. Y que luego trataran de recordarlas (siempre bajo el control instrumental que rastrearía el trabajo cerebral). Pasado un tiempo, los dos equipos científicos (cada uno por separado) revisaron los datos obtenidos en sus respectivas pruebas y los evaluaron. Resultado: las imágenes por resonancia magnética (obtenidas en ambas experiencias) parecen confirmar que, durante la memorización y la activación de recuerdos, las zonas del cerebro más involucradas son la corteza prefrontal y la parahipocampal (regiones previamente asociadas con la codificación de la memoria).

LIBROS

En.red.ando

Luis Angel Fernández Hermana
Grupo Z, 489 págs.



En Internet circulan miles de publicaciones de todo tipo, además de los diarios más importantes de cada país. La red se ha transformado en un gigante arrollador de la información, a un ritmo vertiginoso. Luis Angel Fernández Hermana –que actualmente es presidente de la Asociación Catalana de Comunicación Científica y se desempeñó como corresponsal de diversas publicaciones de ciencia– comenzó a indagar en los sistemas digitales de información en red a principios de los noventa, cuando las redes eran aún en "blanco y negro". Según relata, su fascinación por las posibilidades del medio lo llevaron a realizar una de las primeras publicaciones periódicas en la red, que se transformaría luego en *En.red.ando*, revista que aparece en Internet y constituye un centro de debate, reflexión y producción en torno del ciberespacio, ese lugar que va desde el espacio físico de las computadoras al universo simbólico de los cibernautas. *En.red.ando* recopila cien editoriales de Fernández Hermana aparecidos en la red entre 1996/97, además de cuatro reportajes. Los temas centrales giran en torno del medio ambiente, el periodismo, la comunicación, la ciencia y la tecnología, todos producidos y relacionados con Internet, como experiencia de convivencia colectiva.

Correo de lectores

Sres. de Futuro:

Quizás ya hayan escrito sobre este tema, y pueda haberlo pasado por alto, pero se me plantea una cuestión: Se habla del presente año como el último del milenio, pero, si no entiendo mal, el último año del milenio debiera ser el 2000, siendo entonces el 1º de enero del 2001 el primer día del tercer milenio.

Es esto así, o estoy equivocado?
Walter G. Blanco

*Respuesta: Efectivamente, aritméticamente es así. Verdaderamente, el próximo milenio empieza el primero de enero del año 2001. Pero el atractivo cultural que ofrece el doble (en este caso triple) cero es irresistible, y es por eso que se adjudica, corrientemente, el comienzo del próximo milenio al año 2000. Próximamente, **FUTURO** publicará una nota más exhaustiva sobre el tema.*

Mensajes a FUTURO
futuro@pagina12.com.ar

Opinión

Sobre la política de ciencia y tecnología

Por el Lic. Juan Carlos Del Bello, secretario de Ciencia y Técnica

En respuesta a la columna de opinión del Dr. J. F. Westerkamp, publicada en **Futuro** el 9 de enero, vinculada con la situación de la ciencia en el país: a) es lamentable el menosprecio del Dr. Westerkamp al centenar de científicos autores de la publicación *Bases para la discusión de una política de ciencia y tecnología*, con la cual disiente; b) a la pregunta de si sabía lo que sentía Houssay cuando deseaba regresar a su país, la respuesta es sí, porque estuve muchos años en el exilio político así que sé muy bien el significado de "donde nací, me formé, tengo amigos, nacieron mis hijos (en mi caso en el exterior), luché, aprendí, enseñé..."; c) ni el Ministerio de Educación, ni la secretaría a mi cargo son responsables de las políticas jubilatorias de la UBA (en otras palabras, ello corresponde hacerlo al Consejo Superior de la UBA; el gobierno nacional no es responsable de las decisiones de las universidades ya que, aunque el Dr. Westerkamp no lo crea, son instituciones autónomas); d) sí somos responsables de la política de jubilaciones del Conicet: de 80 investigadores que se jubilaron por alcanzar la edad que indica la legislación vigente, 65 continúan llevando a cabo sus actividades de investigación, porque fueron contratados previa evaluación de expertos; e) discrepo totalmente con la apreciación del Dr. Westerkamp de que la Agencia Nacional para la Promoción Científica y Tecnológica es "inútil y cara", tanto el que suscribe como el presidente de la Agencia, el Dr. Mariscotti, estamos dispuestos a un debate público sobre la materia; f) la Lic. Marta Borda (mi esposa) se desempeña como directora del Fontar desde el mes de marzo de 1995, cargo al que accedió por concurso público; en ese entonces yo no era el secretario de Ciencia y Tecnología, cargo que asumí en el mes de julio de 1996; por lo tanto; el comentario del Dr. Westerkamp es capcioso y está en la frontera de una difamación; g) los directores del FONCyT y el Fontar no manejan los "apetecibles subsidios": el Dr. Westerkamp no debería ignorar que ambos fondos dependen jerárquicamente de un directorio de la Agencia presidido por el ex presidente de la Academia Nacional de Ciencias Exactas y Naturales, Dr. Mario Mariscotti; h) la solicitada de la Aduic no fue firmada por la mayoría de los directores de los institutos de investigación del Conicet, sino por una pequeña minoría que, de manera antidemocrática, se autoproclamó representante del conjunto.

Las vicisitudes por las que atravesó el Dr. Westerkamp durante la dictadura militar y la justicia de su reincorporación a los cargos en que fuera dejado cesante no lo relevan de la obligación moral y ética de defender sus posturas con seriedad y rigurosidad, preservando la altura del debate.

Como señala el filósofo italiano Claudio Martelli, la tolerancia "es el resultado de una elección humana deliberada... que expresa la idea del reconocimiento de la existencia y de la legitimidad de lo diverso, pero también el malestar por su presencia, un malestar que induce a resistir ante ella, pero de modo contenido y con ciertos límites".

Tomografía de coherencia óptica

Para verte mejor

Por Agustín Biasotti

Lo esencial es invisible a los ojos, pero no por mucho tiempo. Al menos para las ciencias radiológicas que buscan desentrañar y poner ante la atenta mirada de los científicos aquellos misterios que permanecen ocultos dentro del cuerpo humano. Más de un siglo ha transcurrido desde aquel 8 de noviembre de 1895 en que Wilhelm Röntgen, un profesor de física de la Universidad de Wurzburg (Alemania), notó con asombro al experimentar con tubos de rayos catódicos, cierta inesperada fluorescencia. Había descubierto los rayos x, hallazgo que le valdría en 1901 el Premio Nobel de Física.

Sin embargo, las modernas tecnologías de diagnóstico por imágenes –que en los tiempos que corren se nombran con siglas como PET, SPECT, US, MRI, etc.– arrastran una pesada asignatura pendiente: todavía no es posible acceder desde fuera del organismo a la visión de sus más pequeños rincones. Células anormales que preanuncian futuros cánceres o diminutas placas que amenazan con taponar arterias no están al alcance de los ojos de la medicina, si no es a través de biopsias u otras invasivas y agresivas metodologías similares.

Pero como se lee al comienzo, parece que todo es cuestión de tiempo. Un grupo de investigadores lleva años trabajando en el tema y ya tiene algunas buenas nuevas.

Hasta la vista, escalpelo

En mayo, la ciudad de San Francisco (Estados Unidos) fue sede de un interesante encuentro sobre láseres y dispositivos electro-ópticos (Conference on Laser and Electro-optics). Allí, James Fujimoto, un especialista en ingeniería eléctrica del Massachusetts Institute of Technology (MIT), dejó boquiabierta a gran parte de la audiencia cuando aseguró haber desarrollado una técnica que permite observar diminutos tejidos de menos de una milésima de milímetro.

Como si esto fuera poco, Fujimoto aseguró que esta técnica ya ha sido probada con éxito en la detección de ciertos daños ínfimos en la retina del ojo humano que prometen glaucomas.

La OCT –en inglés Optical-Coherence Tomography-. funciona como un radar: emite rayos de luz infrarroja dirigidos contra el tejido que se quiere observar. Una vez que los rayos rebotan, este artilugio mide la diferencia entre el rayo enviado y el que volvió. En tanto la longitud de onda de los rayos emitidos es de un tamaño similar a los tejidos que se quieren observar; los cambios que se producen en los rayos que retornan pueden ser traducidos, computadora mediante, a una imagen del tejido estudiado. ¡Y todo esto sin necesidad de recurrir al escalpelo!

Actualmente, el ingeniero Fujimoto, junto a Mark Bresinski, un colega del Harvard Medical School, están estudiando la forma de extender el campo de aplicaciones del OCT a otras regiones del cuerpo humano.

Para ello, estos dos científicos experimentan sistemáticamente con distintos integrantes del reino animal: ya han escaneado tejidos de las arterias, del intestino y de la tráquea de conejos, y se encuentran observando el desarrollo de distintos órganos en renacuajos, futuros sapos. Una vez perfeccionada esta técnica, los científicos volverán a concentrarse en el estudio de sus posibles usos en el ser humano, criatura compleja si la hay.

JUEGOS

Por Iván Skvarca

Gödel y las postales

El verano en que se fue de vacaciones, Kurt Gödel le envió a su familia unas postales muy escuetas. La primera decía, solamente, esta frase tiene doce vocales. La frase, efectivamente, tiene doce vocales. Ni más ni menos.

Una semana más tarde envió otra; lástima que las estampillas habían sido pegadas con descuido. Sólo podía leerse:

Esta frase tiene ______ vocales y ______ consonantes.

¿Con qué números escritos en letras hay que completar la frase para que sea verdadera? Nos interesa la que usa la menor cantidad posible de vocales.

Antes de volver mandó la última. Tampoco esta vez las estampillas dejaban ver la frase completa.

Esta frase de ______ letras tiene ______ vocales y ______ consonantes.

¿Cómo hay que completarla, con números escritos en letras, para que sea una frase verdadera?



Kurt Gödel (1906-1978), fue, casi con seguridad, el lógico más importante del siglo XX. En 1931 dio a conocer un famoso teorema donde demostraba la existencia de proposiciones indecidibles en la aritmética.

*Respuesta al juego **Galileo y el inquisidor**, publicado el sábado pasado*

Volvió a ganar Galileo.
Explicación:
Cuando el inquisidor hace 97 metros, Galileo lo alcanza, porque hace 100. En los tres metros que quedan, Galileo, más rápido que su rival, toma ventaja.

AGENDA

Ambiente y sociedad
FLACSO (Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales) anuncia su posgrado en "Ambiente, economía y sociedad" a dictarse de abril a octubre. El curso está dirigido a graduados interesados en una especialización en la problemática ambiental desde una perspectiva interdisciplinaria y se abordarán, entre otros, los siguientes temas: economía y ambiente, ecosistema y recursos naturales, actividad económica y ocupación del espacio, contexto social e institucional, gestión ambiental y tecnología, evaluación de impacto ambiental, ética ambiental y propuestas ambientales de los partidos políticos. Informes en Ayacucho 551, tel. 375-2435. Información adicional y programa completo en: www.eltunel.com.ar/ambiente.